

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-201401
 (43)Date of publication of application : 27.07.2001

BEST AVAILABLE COPY

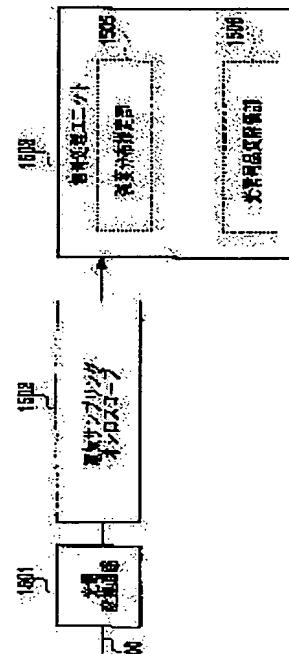
(51)Int.CI.	G01J 11/00 G01R 13/40 H04B 10/08 H04J 3/00 H04L 25/02
(21)Application number : 2000-012240	(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT> NTT ELECTORNICS CORP
(22)Date of filing : 20.01.2000	(72)Inventor : SHAKE IPPEI TAKARA HIDEHIKO YAMABAYASHI YOSHIAKI FUJSAKI KOICHI

(54) OPTICAL SIGNAL QUALITY EVALUATION METHOD AND OPTICAL SIGNAL QUALITY EVALUATION DEVICE AND RECORDING MEDIA

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve quality evaluation accuracy with a single circuit, regardless of bit rate of measured signal, signal form or modulation form.

SOLUTION: A signal process unit 1503 has a strength distribution estimation part 1505, which estimates axial symmetric points group (a-2) about threshold A from points group (a-1) with a strength higher than the strength threshold A and each (a-1), (a-2) points group makes to level '1', and also estimates axial symmetric points group (b-2) about threshold B fun points group (b-1) with a strength lower than the strength threshold B which is decided separate by, then each (b-1), (b-2) points group makes to level '0' among sampling points in signal strength distribution obtained with a sampling oscilloscope 1502 and It also has a light signal quality evaluation part 1506 for evaluating a signal to noise ration coefficient obtained as the ration of the difference between the average strengths of level '1' and level '0' obtained from the strength distribution in a certain averaging time and the sum of the standard deviation values of level '1' and level '0' in the averaging time.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 26.04.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3504902

[Date of registration] 19.12.2003

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2001-201401
(P2001-201401A)

(43)公開日 平成13年7月27日(2001.7.27)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード(参考)
G 0 1 J 11/00		G 0 1 J 11/00	2 G 0 6 5
G 0 1 R 13/40		G 0 1 R 13/40	5 K 0 0 2
H 0 4 B 10/08		H 0 4 J 3/00	U 5 K 0 2 8
H 0 4 J 3/00		H 0 4 L 25/02	3 0 2 C 5 K 0 2 9
H 0 4 L 25/02	3 0 2	H 0 4 B 9/00	K

審査請求 未請求 請求項の数11 O.L (全14頁)

(21)出願番号 特願2000-12240(P2000-12240)

(22)出願日 平成12年1月20日(2000.1.20)

(71)出願人 000004226
日本電信電話株式会社
東京都千代田区大手町二丁目3番1号
(71)出願人 591230295
エヌティティエレクトロニクス株式会社
東京都渋谷区道玄坂1丁目12番1号
(72)発明者 社家一平
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
(74)代理人 100077481
弁理士 谷 義一 (外1名)

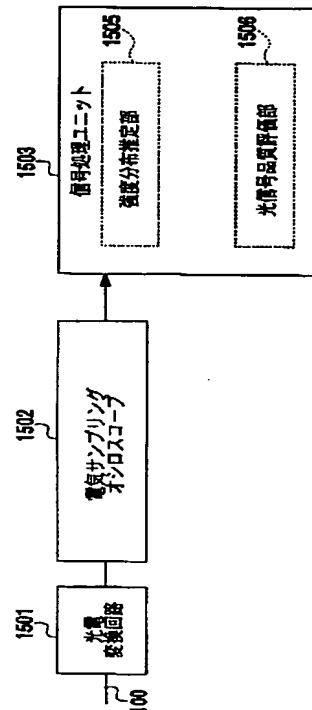
最終頁に続く

(54)【発明の名称】光信号品質評価方法および光信号品質評価装置並びに記憶媒体

(57)【要約】

【課題】被測定信号のビットレート、信号形式および変調形式によらずに单一の回路で品質評価精度を向上させる。

【解決手段】信号処理ユニット1503は、サンプリングオシロスコープ1502で得た信号強度分布のサンプリング点のうち、強度しきい値Aよりも高い強度の点群(a-1)からしきい値Aについて線対称な点群(a-2)を推定し、(a-1)、(a-2)全体をレベル1とし、別途定めた強度しきい値Bよりも低い強度の点群(b-1)からしきい値Bについて線対称な点群(b-2)を推定し、(b-1)、(b-2)全体をレベル0とする強度分布推定部1505と、得られた強度分布からレベル1とレベル0のそれぞれのある平均時間内での平均値強度の差と、レベル1とレベル0それぞれの当該平均時間内での標準偏差値の和との比として得られる信号対雑音比係数を評価する光信号品質評価部1506とを有する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ビットレート f_0 (bit/s) を有する光信号を電気強度変調信号に変換するステップと、クロック周波数 f_1 (Hz) ($f_1 = (N/M)f_0 + a$, a はオフセット周波数、 N, M は正の整数) で該電気強度変調信号強度をサンプリングすることによって光信号の強度分布を測定するステップと、前記被測定光信号の強度分布を構成するサンプリング点のうち、あらかじめ定めた強度しきい値 (A) よりも高い強度の点群 (a-1) からその強度しきい値 (A) について線対称な点群 (a-2) を推定し、該点群 (a-1) かつ該点群 (a-2) 全体を「レベル1」とし、別途定めた強度しきい値 (B) よりも低い強度の点群 (b-1) からその強度しきい値 (B) について線対称な点群 (b-2) を推定し、該点群 (b-1) かつ該点群 (b-2) 全体を「レベル0」とするステップと、前記「レベル1」と前記「レベル0」のそれぞれのある平均時間内での平均値強度の差と、前記「レベル1」と前記「レベル0」のそれぞれの当該平均時間内での標準偏差値の和との比として得られる信号対雑音比係数を評価するステップとを有することを特徴とする光信号品質評価方法。

【請求項2】 ビットレート f_0 (bit/s) を有する光信号と、繰り返し周波数が f_1 (Hz) ($f_1 = (N/M)f_0 + a$, a はオフセット周波数、 N, M は正の整数) でパルス幅が光信号のタイムスロットよりも十分狭いサンプリング光パルス列を用いて、これら2つの光と異なる光周波数の相互相関信号を発生させ、該相関光信号を光電変換した後に、電気信号処理を行って光信号の強度分布を測定するステップと、前記被測定光信号の強度分布を構成するサンプリング点のうち、あらかじめ定めた強度しきい値 (A) よりも高い強度の点群 (a-1) からその強度しきい値 (A) について線対称な点群 (a-2) を推定し、該点群 (a-1) かつ該点群 (a-2) 全体を「レベル1」とし、別途定めた強度しきい値 (B) よりも低い強度の点群 (b-1) からその強度しきい値 (B) について線対称な点群 (b-2) を推定し、該点群 (b-1) かつ該点群 (b-2) 全体を「レベル0」とするステップと、前記「レベル1」と前記「レベル0」のそれぞれのある平均時間内での平均値強度の差と、前記「レベル1」と前記「レベル0」のそれぞれの当該平均時間内での標準偏差値の和との比として得られる信号対雑音比係数を評価するステップとを有することを特徴とする光信号品質評価方法。

【請求項3】 前記強度しきい値 (A) および (B) について、前記被測定光信号の強度分布から得られる振幅ヒストグラムから2つの極大値を求め、振幅強度の高い方を前記強度しきい値 (A) とし、低い方を前記強度しきい値 (B) とすることを特徴とする請求項1または2

に記載の光信号品質評価方法。

【請求項4】 前記振幅ヒストグラムのうち強度レベルの大きい方から調べたときの最初の極大値を前記強度しきい値 (A) と定め、前記振幅ヒストグラムのうち強度レベルの小さい方から調べたときの最初の極大値を前記強度しきい値 (B) と定めることを特徴とする請求項3に記載の光信号品質評価方法。

【請求項5】 前記振幅ヒストグラムのうち強度レベルの小さい方から調べたときの最初の極大値を前記強度しきい値 (B) と定め、強度レベル最大のサンプリング点から強度レベルが小さい方に向かってサンプリング点数を積分して、

【数1】 $N_{\text{middle}} = N_{\text{total}} \times D \times M$

(但し、 N_{total} は全サンプリング点数、

D は光信号のデューティ比 (パルス幅とタイムスロットの比)、

M はマーク率 (デジタル伝送におけるレベル1の発生確率)) で求まるサンプリング点数 N_{middle} と積分値が等しくなったときの、積分したサンプリング点の最小レベルを m_{middle} とし、

【数2】 強度しきい値 (A) = $2 \times \{m_{\text{middle}} - \text{強度しきい値 (B)}\}$ で前記強度しきい値 (A) を求めることを特徴とする請求項3に記載の光信号品質評価方法。

【請求項6】 前記信号対雑音比係数の評価の代わりに、「レベル1」の平均値強度と標準偏差値の比または標準偏差値のみを評価することを特徴とする請求項1ないし5のいずれかに記載の光信号品質評価方法。

【請求項7】 ビットレート f_0 (bit/s) を有する光信号を電気強度変調信号に変換する光電変換手段と、クロック周波数 f_1 (Hz) ($f_1 = (N/M)f_0 + a$, a はオフセット周波数、 N, M は正の整数) で前記電気強度変調信号強度をサンプリングすることによって光信号の強度分布を測定する電気サンプリングオシロスコープとを用いる光信号品質評価装置であって、

前記電気サンプリングオシロスコープで得られる、前記被測定光信号の強度分布を構成するサンプリング点のうち、あらかじめ定めた強度しきい値 (A) よりも高い強度の点群 (a-1) からその強度しきい値 (A) について線対称な点群 (a-2) を推定し、該点群 (a-1) かつ該点群 (a-2) 全体を「レベル1」とし、別途定めた強度しきい値 (B) よりも低い強度の点群 (b-1) からその強度しきい値 (B) について線対称な点群 (b-2) を推定し、該点群 (b-1) かつ該点群 (b-2) 全体を「レベル0」とする強度分布推定手段と、前記「レベル1」と前記「レベル0」のそれぞれのある平均時間内での平均値強度の差と、前記「レベル1」と前記「レベル0」のそれぞれの当該平均時間内での標準偏差値の和との比として得られる信号対雑音比係数を評価する光信号品質評価手段とを具備することを特徴とす

る光信号品質評価装置。

【請求項8】 ビットレート f_0 (bit/s) を有する光信号と、繰り返し周波数が f_1 (Hz) ($f_1 = (N/M)$ $f_0 + a$ 、 a はオフセット周波数、 N 、 M は正の整数) でパルス幅が光信号のタイムスロットより十分狭いサンプリング光パルス列を用いて、これら2つの光と異なる光周波数の相互相関信号を発生させ、該相関光信号を光電変換した後に電気信号処理を行って光信号の強度分布を測定する、光サンプリングオシロスコープを用いる光信号品質評価装置であって、

前記光サンプリングオシロスコープで得られる、前記被測定光信号の強度分布を構成するサンプリング点のうち、あらかじめ定めた強度しきい値 (A) よりも高い強度の点群 (a-1) からその強度しきい値 (A) について線対称な点群 (a-2) を推定し、該点群 (a-1) かつ該点群 (a-2) 全体を「レベル1」とし、別途定めた強度しきい値 (B) よりも低い強度の点群 (b-1) からその強度しきい値 (B) について線対称な点群 (b-2) を推定し、該点群 (b-1) かつ該点群 (b-2) 全体を「レベル0」とする強度分布推定手段と、前記「レベル1」と前記「レベル0」のそれぞれのある平均時間内での平均値強度の差と、前記「レベル1」と前記「レベル0」のそれぞれの当該平均時間内での標準偏差値の和との比として得られる信号対雑音比係数を評価する光信号品質評価手段とを具備することを特徴とする光信号品質評価装置。

【請求項9】 前記強度分布推定手段は、前記被測定光信号の強度分布から得られる前記振幅ヒストグラムから2つの極大値を求め、振幅強度の高い方を前記強度しきい値 (A) とし、低い方を前記強度しきい値 (B) とすることを特徴とする請求項7または8に記載の光信号品質評価装置。

【請求項10】 ビットレート f_0 (bit/s) を有する光信号を電気強度変調信号に変換する光電変換手段と、クロック周波数 f_1 (Hz) ($f_1 = (N/M)$ $f_0 + a$ 、 a はオフセット周波数、 N 、 M は正の整数) で前記電気強度変調信号強度をサンプリングすることによって光信号の強度分布を測定する電気サンプリングオシロスコープとを用いて光信号品質評価をコンピュータにより実行するためのプログラムを記憶した記憶媒体であって、該プログラムはコンピュータに対し、

前記電気サンプリングオシロスコープで得られる、前記被測定光信号の強度分布を構成するサンプリング点のうち、あらかじめ定めた強度しきい値 (A) よりも高い強度の点群 (a-1) からその強度しきい値 (A) について線対称な点群 (a-2) を推定させ、該点群 (a-1) かつ該点群 (a-2) 全体を「レベル1」とさせ、別途定めた強度しきい値 (B) よりも低い強度の点群 (b-1) からその強度しきい値 (B) について線対称な点群 (b-2) を推定させ、該点群 (b-1) かつ該

点群 (b-2) 全体を「レベル0」とさせ、

前記「レベル1」と前記「レベル0」のそれぞれのある平均時間内での平均値強度の差と、前記「レベル1」と前記「レベル0」のそれぞれの当該平均時間内での標準偏差値の和との比として得られる信号対雑音比係数を評価させることを特徴とする光信号品質評価用プログラムを記憶した記憶媒体。

【請求項11】 ビットレート f_0 (bit/s) を有する光信号と、繰り返し周波数が f_1 (Hz) ($f_1 = (N/M)$ $f_0 + a$ 、 a はオフセット周波数、 N 、 M は正の整数) でパルス幅が光信号のタイムスロットより十分狭いサンプリング光パルス列を用い、これら2つの光と異なる光周波数の相互相関信号を発生させ、該相関光信号を光電変換した後に電気信号処理を行って光信号の強度分布を測定する、光サンプリングオシロスコープを用いて光信号品質評価をコンピュータにより実行するためのプログラムを記憶した記憶媒体であって、該プログラムはコンピュータに対し、

前記光サンプリングオシロスコープで得られる、前記被測定光信号の強度分布を構成するサンプリング点のうち、あらかじめ定めた強度しきい値 (A) よりも高い強度の点群 (a-1) からその強度しきい値 (A) について線対称な点群 (a-2) を推定させ、該点群 (a-1) かつ該点群 (a-2) 全体を「レベル1」とさせ、別途定めた強度しきい値 (B) よりも低い強度の点群 (b-1) からその強度しきい値 (B) について線対称な点群 (b-2) を推定させ、該点群 (b-1) かつ該点群 (b-2) 全体を「レベル0」とさせ、

前記「レベル1」と前記「レベル0」のそれぞれのある平均時間内での平均値強度の差と、前記「レベル1」と前記「レベル0」のそれぞれの当該平均時間内での標準偏差値の和との比として得られる信号対雑音比係数を評価させることを特徴とする光信号品質評価用プログラムを記憶した記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、デジタル光ファイバ伝送における光信号品質評価方法および光信号品質評価装置並びに記憶媒体に関し、特に異なったビットレートや異なる信号フォーマットが混在するフォトニックネットワークにおいて、被測定対象である光信号のビットレートや信号フォーマットによらずに、单一の回路で雑音劣化や波形歪みなどの光信号品質劣化を監視する技術に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、同期デジタル・ハイアラキー (Synchronous Digital Hierarchy : SDH) 伝送方式では、ビット・インターブド・パリティ (Bit Interleaved Parity) とよばれるパリティ検査を、中継器間や多重化端局相互間で、それぞれ実施することで、故障区

間の同定と切替起動信号を得ている。

【0003】しかし、これらの信号品質監視系では、対象とする信号のビットレートや信号形式や変調形式（NRZ (Non Return to Zero: 非ゼロ復帰) またはRZ (Return to Zero: ゼロ復帰)）に応じた受信系（クロック抽出回路、受信回路、フレーム検出回路、パリティ検査回路または照合回路からなる誤り検出回路）が必要となる。そのため、単一の受信系では、任意のビットレートや信号形式や変調形式の信号には対応できないとう点があった。

【0004】この点を解決する方法として、参考文献1に記載された光信号品質モニタがある（参考文献1：特開平11-223575号公報）。この光信号品質モニタは、ビットレートや信号形式や変調形式に応じた受信系（クロック抽出回路、受信回路、フレーム検出回路、パリティ検査回路または照合回路からなる誤り検出回路）が不要なく、単一の受信系で任意のビットレートや信号形式や変調形式の信号に対応できる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記の従来の光信号品質モニタを用いて、非同期のアイバタンから得

$$N(\text{middle}) = N(\text{total}) \times D \times M$$

（但し、 $N(\text{total})$ は全サンプリング点数、Dは光信号のデューティ比（パレス幅とタイムスロットの比）、Mはマーク率（デジタル伝送におけるレベル1の発生確率））で求まるサンプリング点数N (middle) と積分値が等しくなったときの、積分したサンプリング点の最小

$$m_1' = 2 \times \{ m(\text{middle}) - m_0' \} \quad \dots (1)$$

で求まる m_1' を定める。

【0014】図15の(B) :

$$A = m_1' - \alpha (m_1' - m_0') \quad \dots (2)$$

で求まる強度レベルをしきい値A

【0016】

$$B = m_0' + \alpha (m_1' - m_0') \quad \dots (3)$$

で求まる強度レベルをしきい値B（但し、 α は $0 < \alpha < 0.5$ の実数）と定め、強度レベルがしきい値A以上の分布をレベル1の分布、しきい値B以下の分布をレベル0の分布とする。

【0017】図16の(A) : 図15の(B)で定めたレベル1およびレベル0の分布において、それぞれ平均

$$Q = |m_1 - m_0| / (s_1 + s_0) \quad \dots (4)$$

で求まるQ値を信号対雑音係数として品質評価パラメータとする。

【0020】この従来例では、上式(2)～(4)に示したように、クロスポイントの影響が必ず残り、品質評価精度が低下するという解決すべき課題がある。

【0021】本発明は、上述の点に鑑みてなされたもので、その目的は、異なるビットレートや信号形式や変調形式の信号が混在するディジタル光ファイバ伝送のフォトニックネットワークにおいて、被測定対象である信

られる振幅ヒストグラムを評価する場合、クロスポイント（光信号のレベル1とレベル0の間の部分）による品質評価の不正確さが残るため、この影響を低減した評価法を提供することが、解決すべき課題の一つとなっている。

【0006】この従来例の光信号品質モニタにおける光信号品質評価アルゴリズムを図13～図16に示す。

【0007】図13の(A) : 光サンプリングまたは電気サンプリングにより、ある平均時間内の強度分布を求める。

【0008】図13の(B) : 得られた強度分布から振幅ヒストグラムを求める。

【0009】図14の(A) : 振幅ヒストグラムのうち強度レベルの小さい方から調べたときの極大値を m_0' と定める。

【0010】図14の(B) : 強度レベル最大のサンプリング点から強度レベルが小さい方に向かってサンプリング点数を積分して、

【0011】

【数3】

レベルを $m(\text{middle})$ とする。

【0012】図15の(A) :

【0013】

【数4】

$$m_1' = 2 \times \{ m(\text{middle}) - m_0' \} \quad \dots (1)$$

【0015】

【数5】

$$A = m_1' - \alpha (m_1' - m_0') \quad \dots (2)$$

【数6】

値 m_1 , m_0 と標準偏差 s_1 , s_0 を求める。

【0018】図16の(B) : 図16の(A)で求めた平均値 m_1 , m_0 と標準偏差 s_1 , s_0 から

【0019】

【数7】

$$Q = |m_1 - m_0| / (s_1 + s_0) \quad \dots (4)$$

号のビットレート、信号形式および変調形式によらずに、単一の回路で雑音劣化や波形歪みなどの光信号品質劣化を監視できる光信号品質評価方法および光信号品質評価装置並びに記憶媒体を提供することにある。

【0022】本発明のさらなる目的は、ディジタル光ファイバ伝送路上の光信号のSNR（信号対雑音比）に与える影響を低減し、品質評価精度を向上することにある。

【0023】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1の光信号品質評価方法の発明は、ビットレート f_0 (bit/s) を有する光信号を電気強度変調信号に変換するステップと、クロック周波数 f_1 (Hz) ($f_1 = (N/M)f_0 + a$ 、 a はオフセット周波数、 N, M は正の整数) で該電気強度変調信号強度をサンプリングすることによって光信号の強度分布を測定するステップと、前記被測定光信号の強度分布を構成するサンプリング点のうち、あらかじめ定めた強度しきい値 (A) よりも高い強度の点群 ($a - 1$) からその強度しきい値 (A) について線対称な点群 ($a - 2$) を推定し、該点群 ($a - 1$) かつ該点群 ($a - 2$) 全体を「レベル1」とし、別途定めた強度しきい値 (B) よりも低い強度の点群 ($b - 1$) からその強度しきい値 (B) について線対称な点群 ($b - 2$) を推定し、該点群 ($b - 1$) かつ該点群 ($b - 2$) 全体を「レベル0」とするステップと、前記「レベル1」と前記「レベル0」のそれぞれのある平均時間内での平均値強度の差と、前記「レベル1」と前記「レベル0」のそれぞれの当該平均時間内での標準偏差値の和との比として得られる信号対雑音比係数を評価するステップとを有することを特徴とする。

【0024】上記目的を達成するため、請求項2の光信号品質評価方法の発明は、ビットレート f_0 (bit/s) を有する光信号と、繰り返し周波数が f_1 (Hz) ($f_1 = (N/M)f_0 + a$ 、 a はオフセット周波数、 N, M は正の整数) でパルス幅が光信号のタイムスロットよりも十分狭いサンプリング光パルス列を用いて、これら2つの光と異なる光周波数の相互相関信号を発生させ、該相関光信号を光電変換した後に、電気信号処理を行って光信号の強度分布を測定するステップと、前記被測定光信号の強度分布を構成するサンプリング点のうち、あらかじめ定めた強度しきい値 (A) よりも高い強度の点群 ($a - 1$) からその強度しきい値 (A) について線対称な点群 ($a - 2$) を推定し、該点群 ($a - 1$) かつ該点群 ($a - 2$) 全体を「レベル1」とし、別途定めた強度しきい値 (B) よりも低い強度の点群 ($b - 1$) からその強度しきい値 (B) について線対称な点群 ($b - 2$) を推定し、該点群 ($b - 1$) かつ該点群 ($b - 2$) 全体を「レベル0」とするステップと、前記「レベル1」と前記「レベル0」のそれぞれのある平均時間内での平均値強度の差と、前記「レベル1」と前記「レベル0」のそれぞれの当該平均時間内での標準偏差値の和との比として得られる信号対雑音比係数を評価するステップとを有することを特徴とする。

【0025】ここで、前記強度しきい値 (A) および (B) について、前記被測定光信号の強度分布から得られる振幅ヒストグラムから2つの極大値を求め、振幅強度の高い方を前記強度しきい値 (A) とし、低い方を前記強度しきい値 (B) とすることを特徴とすることができる。

【0026】また、前記振幅ヒストグラムのうち強度レベルの大きい方から調べたときの最初の極大値を前記強度しきい値 (A) と定め、前記振幅ヒストグラムのうち強度レベルの小さい方から調べたときの最初の極大値を前記強度しきい値 (B) と定めることを特徴とすることができます。

【0027】また、前記振幅ヒストグラムのうち強度レベルの小さい方から調べたときの最初の極大値を前記強度しきい値 (B) と定め、強度レベル最大のサンプリング点から強度レベルが小さい方に向かってサンプリング点数を積分して、

【0028】

【数8】 $N(\text{middle}) = N(\text{total}) \times D \times M$

(但し、 $N(\text{total})$ は全サンプリング点数、 D は光信号のデューティ比 (パルス幅とタイムスロットの比)、 M はマーク率 (ディジタル伝送におけるレベル1の発生確率)) で求まるサンプリング点数 $N(\text{middle})$ と積分値が等しくなったときの、積分したサンプリング点の最小レベルを $m(\text{middle})$ とし、

【0029】

【数9】 強度しきい値 (A) = $2 \times \{m(\text{middle}) - \text{強度しきい値 (B)}\}$

で前記強度しきい値 (A) を求めることを特徴とすることができる。

【0030】また、前記信号対雑音比係数の評価の代わりに、「レベル1」の平均値強度と標準偏差値の比または標準偏差値のみを評価することを特徴とすることができる。

【0031】上記目的を達成するため、請求項7の光信号品質評価装置の発明は、ビットレート f_0 (bit/s) を有する光信号を電気強度変調信号に変換する光電変換手段と、クロック周波数 f_1 (Hz) ($f_1 = (N/M)f_0 + a$ 、 a はオフセット周波数、 N, M は正の整数) で前記電気強度変調信号強度をサンプリングすることによって光信号の強度分布を測定する電気サンプリングオシロスコープとを用いる光信号品質評価装置であって、前記電気サンプリングオシロスコープで得られる、前記被測定光信号の強度分布を構成するサンプリング点のうち、あらかじめ定めた強度しきい値 (A) よりも高い強度の点群 ($a - 1$) からその強度しきい値 (A) について線対称な点群 ($a - 2$) を推定し、該点群 ($a - 1$) かつ該点群 ($a - 2$) 全体を「レベル1」とし、別途定めた強度しきい値 (B) よりも低い強度の点群 ($b - 1$) からその強度しきい値 (B) について線対称な点群 ($b - 2$) を推定し、該点群 ($b - 1$) かつ該点群 ($b - 2$) 全体を「レベル0」とする強度分布推定手段と、前記「レベル1」と前記「レベル0」のそれぞれのある平均時間内での平均値強度の差と、前記「レベル1」と前記「レベル0」のそれぞれの当該平均時間内での標準偏差値の和との比として得られる信号対雑音比係数を評

価する光信号品質評価手段とを具備することを特徴とする。

【0032】上記目的を達成するため、請求項8の光信号品質評価装置の発明は、ビットレート f_0 (bit/s) を有する光信号と、繰り返し周波数が f_1 (Hz) ($f_1 = (N/M)f_0 + a$ 、 a はオフセット周波数、 N , M は正の整数) でパルス幅が光信号のタイムスロットよりも十分狭いサンプリング光パルス列を用いて、これら2つの光と異なる光周波数の相互相関信号を発生させ、該相関光信号を光電変換した後に電気信号処理を行って光信号の強度分布を測定する、光サンプリングオシロスコープを用いる光信号品質評価装置であって、前記光サンプリングオシロスコープで得られる、前記被測定光信号の強度分布を構成するサンプリング点のうち、あらかじめ定めた強度しきい値 (A) よりも高い強度の点群 (a-1) からその強度しきい値 (A) について線対称な点群 (a-2) を推定し、該点群 (a-1) かつ該点群 (a-2) 全体を「レベル1」とし、別途定めた強度しきい値 (B) よりも低い強度の点群 (b-1) からその強度しきい値 (B) について線対称な点群 (b-2) を推定し、該点群 (b-1) かつ該点群 (b-2) 全体を「レベル0」とする強度分布推定手段と、前記「レベル1」と前記「レベル0」のそれぞれのある平均時間内での平均値強度の差と、前記「レベル1」と前記「レベル0」のそれぞれの当該平均時間内での標準偏差値の和との比として得られる信号対雑音比係数を評価する光信号品質評価手段とを具備することを特徴とする。

【0033】上記目的を達成するため、請求項10の記憶媒体の発明は、ビットレート f_0 (bit/s) を有する光信号を電気強度変調信号に変換する光電変換手段と、クロック周波数 f_1 (Hz) ($f_1 = (N/M)f_0 + a$ 、 a はオフセット周波数、 N , M は正の整数) で前記電気強度変調信号強度をサンプリングすることによって光信号の強度分布を測定する電気サンプリングオシロスコープとを用いて光信号品質評価をコンピュータにより実行するためのプログラムを記憶した記憶媒体であって、該プログラムはコンピュータに対し、前記電気サンプリングオシロスコープで得られる、前記被測定光信号の強度分布を構成するサンプリング点のうち、あらかじめ定めた強度しきい値 (A) よりも高い強度の点群 (a-1) からその強度しきい値 (A) について線対称な点群 (a-2) を推定させ、該点群 (a-1) かつ該点群 (a-2) 全体を「レベル1」とさせ、別途定めた強度しきい値 (B) よりも低い強度の点群 (b-1) からその強度しきい値 (B) について線対称な点群 (b-2) を推定させ、該点群 (b-1) かつ該点群 (b-2) 全体を「レベル0」とさせ、前記「レベル1」と前記「レベル0」のそれぞれのある平均時間内での平均値強度の差と、前記「レベル1」と前記「レベル0」のそれぞれの当該平均時間内での標準偏差値の和との比として得られる信号対雑音比係数を評価することを特徴とする。

る信号対雑音比係数を評価させることを特徴とする。

【0034】上記目的を達成するため、請求項11の記憶媒体の発明は、ビットレート f_0 (bit/s) を有する光信号と、繰り返し周波数が f_1 (Hz) ($f_1 = (N/M)f_0 + a$ 、 a はオフセット周波数、 N , M は正の整数) でパルス幅が光信号のタイムスロットよりも十分狭いサンプリング光パルス列を用い、これら2つの光と異なる光周波数の相互相関信号を発生させ、該相関光信号を光電変換した後に電気信号処理を行って光信号の強度分布を測定する、光サンプリングオシロスコープを用いて光信号品質評価をコンピュータにより実行するためのプログラムを記憶した記憶媒体であって、該プログラムはコンピュータに対し、前記光サンプリングオシロスコープで得られる、前記被測定光信号の強度分布を構成するサンプリング点のうち、あらかじめ定めた強度しきい値 (A) よりも高い強度の点群 (a-1) からその強度しきい値 (A) について線対称な点群 (a-2) を推定させ、該点群 (a-1) かつ該点群 (a-2) 全体を「レベル1」とさせ、別途定めた強度しきい値 (B) よりも低い強度の点群 (b-1) からその強度しきい値 (B) について線対称な点群 (b-2) を推定させ、該点群 (b-1) かつ該点群 (b-2) 全体を「レベル0」とさせ、前記「レベル1」と前記「レベル0」のそれぞれのある平均時間内での平均値強度の差と、前記「レベル1」と前記「レベル0」のそれぞれの当該平均時間内での標準偏差値の和との比として得られる信号対雑音比係数を評価することを特徴とする。

【0035】(作用) 本発明では、あるビットレート f_0 (bit/s) を有する光信号を電気強度変調信号に変換し、この電気強度変調信号強度をクロック周波数 f_1 (Hz) ($f_1 = (N/M)f_0 + a$ 、 a はオフセット周波数、 N , M は正の整数) でサンプリングすることによって、光信号の強度分布を測定する電気サンプリング法を用いる。

【0036】または、本発明では、あるビットレート f_0 (bit/s) を有する光信号と、繰り返し周波数が f_1 (Hz) ($f_1 = (N/M)f_0 + a$ 、 a はオフセット周波数、 N , M は正の整数) でパルス幅が光信号のタイムスロットよりも十分狭いサンプリング光パルス列とを用いて、これら2つの光と異なる光周波数の相互相関信号を発生させ、この相関光信号を光電変換した後に、電気信号処理を行って光信号の強度分布を測定する光サンプリング法を用いる。

【0037】そして、本発明では、フレーム検出回路、パリティ検査回路または照合回路からなる誤り検出回路などを用いる代わりに、該電気サンプリング法または光サンプリング法をクロック抽出回路を用いない非同期系において利用して得られるサンプリング点から被測定光信号の強度分布を測定し、その被測定光信号の強度分布を構成するサンプリング点のうち、あらかじめ定めた強

度しきい値 (A) よりも高い強度の点群 (a-1) からその強度しきい値 (A) について線対称な点群 (a-2) を推定し、その点群 (a-1) かつその点群 (a-2) 全体を「レベル1」とし、別途定めた強度しきい値 (B) よりも低い強度の点群 (b-1) からその強度しきい値 (B) について線対称な点群 (b-2) を推定し、その点群 (b-1) かつその点群 (b-2) 全体を「レベル0」としたとき、「レベル1」と「レベル0」のそれぞれのある平均時間内での平均値強度の差と、「レベル1」と「レベル0」のそれぞれの当該平均時間内での標準偏差値の和との比として得られる信号対雑音比係数を評価するか、あるいはまた、「レベル1」の平均値強度と標準偏差値の比または標準偏差値のみを評価する。

【0038】以上の構成により、本発明によれば、異なるビットレートや信号形式や変調形式の信号が混在するフォトニックネットワークにおいて、被測定対象である信号のビットレート、信号形式および変調形式によらずに、単一の回路で雑音劣化や波形歪みなどの光信号品質劣化を監視でき、デジタル光ファイバ伝送路上の光信号のS/NR(信号対雑音比)に与える影響を低減し、従来技術よりも品質評価制度を向上させることができる。また、本発明は、従来技術と比較して、クロスポイントの影響が少なく、品質評価精度がより高い評価法を提供できる。

【0039】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態について詳細に説明する。

【0040】(第1の実施形態) 図1～図6に、本発明による光信号品質監視法の第1の実施形態を示す。本実施形態は、電気サンプリング法または光サンプリング法を用いてNRZ光信号の強度分布を評価する場合を例示している。電気サンプリング法による光信号強度分布測定には、市販の電気サンプリング装置などを用いることができる。また、光サンプリング法による光信号強度分布測定には、参考文献2の光サンプリングなどを用いることができる(参考文献2：高良他：「和周波光発生を用いた光サンプリングによる超高速光波形測定法」電子情報通信学会論文誌、B-1, vol.J75-B-1, No.5, pp.372-380, 1992年)。

【0041】光サンプリング法を用いる場合は、図1の(A)～(C)に示すように、受信系または光増幅中継系または光再生中継系において、光サンプリングオシロスコープを用いることにより、信号強度分布を得る。この場合の相互関信号は、第2次高調波発生、和周波光発生、差周波光発生、四光波混合光発生などを利用することにより得ることができる。

【0042】図1の(A)～(C)において、100は異なるビットレートや異なる信号フォーマットが混在するデジタル光ファイバ伝送を行うフォトニックネッ

トワーク、105は光サンプリングオシロスコープである。

【0043】図1の(A)は、光電変換回路103と電気信号処理回路104とを有する受信系ユニット101に対して、光電変換回路103の前段に結合した光分岐部102を介して、光サンプリングオシロスコープ105を接続した場合を示す。

【0044】図1の(B)は、光増幅回路108を有する光増幅中継系ユニット106に対して、光増幅回路108の前段に結合した光分岐部107を介して、光サンプリングオシロスコープ105を接続した場合を示す。

【0045】図1の(C)は、光電変換回路112と電気信号処理回路113と光電変換回路114とを有する光再生中継系ユニット110に対して、光電変換回路112の前段に結合した光分岐部111を介して、光サンプリングオシロスコープ105を接続した場合を示す。

【0046】電気サンプリング法を用いる場合は、図2の(A)～(C)に示すように、受信系または光増幅中継系または光再生中継系において、電気サンプリングオシロスコープを用いることにより、信号強度分布を得る。

【0047】図2の(A)～(C)において、205は電気サンプリングオシロスコープである。

【0048】図2の(A)は、光電変換回路203と電気信号処理回路204とを有する受信系ユニット201に対して、光電変換回路203と電気信号処理回路204間に結合した分岐部202を介して、電気サンプリングオシロスコープ205を接続した場合を示す。

【0049】図2の(B)は、光増幅回路208を有する光増幅中継系ユニット206に対して、光増幅回路208の前段に結合した光分岐部207および光電変換回路209を介して、電気サンプリングオシロスコープ205を接続した場合を示す。

【0050】図2の(C)は、光電変換回路212と電気信号処理回路213と光電変換回路214とを有する光再生中継系ユニット210に対して、光電変換回路212と電気信号処理回路213間に結合した分岐部211を介して、電気サンプリングオシロスコープ205を接続した場合を示す。

【0051】図3～図6に、本発明の第1の実施形態での光信号品質モニタにおける光信号品質評価アルゴリズムを示す。

【0052】図3の(A)：まず、図1のような構成を用いた光サンプリングオシロスコープ105による光サンプリング、または図2のような構成を用いた電気サンプリングオシロスコープ205による電気サンプリングにより、ある平均時間内の強度分布を求める。

【0053】図3の(B)：得られた強度分布から振幅ヒストグラムを求める。

【0054】図4の(A)：振幅ヒストグラムのうち強

度レベルの大きい方から調べたときの最初の極大値をしきい値Aと定める。

【0055】図4の(B)：振幅ヒストグラムのうち強度レベルの小さい方から調べたときの最初の極大値をしきい値Bと定める。

【0056】図5の(A)：強度しきい値(A)よりも強度が大きいサンプリング点群(a-1)と、この点群(a-1)の強度しきい値(A)に関して線対称な点群(a-2)の全体を「レベル1」の分布とし、この「レベル1」の平均値m1と標準偏差s1を求める。

$$Q = |m_1 - m_0| / (s_1 + s_0) \quad \dots (6)$$

で求まるQ値を信号対雑音係数として光信号品質評価パラメータとする。

(第2の実施形態) 図7～図10に、本発明の光信号品質監視法の第2の実施形態を示す。本実施形態は光信号品質評価アルゴリズムにおいて、しきい値(A), (B)を求める部分が上述の本発明の第1の実施の形態と異なる。

【0060】図7～図10を参照して、本発明の第2の実施形態の光信号品質評価アルゴリズムを説明する。

【0061】図7の(A)：まず、図1のような構成を用いた光サンプリングオシロスコープ105による光サンプリング、または図2のような構成を用いた電気サン

$$N(\text{middle}) = N(\text{total}) \times D \times M \quad \dots (7)$$

(但し、N(total)は全サンプリング点数、Dは光信号のデューティ比(パルス幅とタイムスロットの比)、Mはマーク率(ディジタル伝送におけるレベル1の発生確率)で求まるサンプリング点数N(middle)と積分値が等しくなったときの、積分したサンプリング点の最小

$$\text{しきい値}(A) = 2 \times \{m(\text{middle}) - \text{しきい値}(B)\} \quad \dots (8)$$

でしきい値(A)を求める。

【0068】図9の(B)：強度しきい値(A)よりも強度が大きいサンプリング点群(a-1)と、この点群(a-1)の強度しきい値(A)に関して線対称な点群(a-2)の全体を「レベル1」の分布とし、レベル1の平均値m1と標準偏差s1を求める。また、強度しきい値(B)よりも強度が小さいサンプリング点群(b-1)と、この点群(b-1)の強度しきい値(B)に関

$$Q = |m_1 - m_0| / (s_1 + s_0) \quad \dots (9)$$

で求まるQ値を信号対雑音係数として光信号品質評価パラメータとする。

【0071】前述した本発明の第1の実施形態は、最も簡単な方法であるという利点があるが、適用の範囲がNRZ信号に限られる。これに対し、本第2の実施形態は、第1の実施形態よりも複雑であるが、NRZ信号だけでなく、RZ信号にも適用できるという利点がある。但し、上式(7)に示すように、信号パルスのデューティ比Dとマーク率Mを予め知っておく必要がある。

(各実施形態でのハード構成例) 図11と図12は、本発明の各実施形態において、それぞれ電気サンプリング

【0057】図5の(B)：強度しきい値(B)よりも強度が小さいサンプリング点群(b-1)と、この点群(b-1)の強度しきい値(B)に関して線対称な点群(b-2)の全体を「レベル0」の分布とし、この「レベル0」の平均値m0と標準偏差s0を求める。

【0058】図6：図5の(A)と図5の(B)で求めた平均値m1, m0と標準偏差s1, s0から

【0059】

【数10】

プリングオシロスコープ205による電気サンプリングにより、ある平均時間内の強度分布を求める。

【0062】図7の(B)：得られた強度分布から振幅ヒストグラムを求める。

【0063】図8の(A)：振幅ヒストグラムのうち強度レベルの小さい方から調べたときの最初の極大値をしきい値(B)と定める。

【0064】図8の(B)：強度レベル最大のサンプリング点から強度レベルが小さい方に向かってサンプリング点数を積分して、

【0065】

【数11】

レベルをm(middle)とする。

【0066】図9の(A)：

【0067】

【数12】

して線対称な点群(b-2)の全体を「レベル0」の分布とし、レベル0の平均値m0と標準偏差s0を求める。

【0069】図10：図9の(B)で求めた平均値m1, m0と標準偏差s1, s0から

【0070】

【数13】

オシロスコープを用いる場合、および光サンプリングオシロスコープを用いる場合の光信号品質評価装置の構成例を示す。

【0072】図11に示す電気サンプリングオシロスコープを用いる場合は、光強度変調信号を光電変換手段1501により電気強度変調信号に変換し、電気サンプリングオシロスコープ1502によってその電気強度変調信号の一定時間における信号強度分布を得たのち、その信号強度分布を基に、信号処理ユニット1503において上述の第1、第2の実施形態において説明した本発明による光信号品質評価を行う。

【0073】信号処理ユニット1503は、電気サンプリングオシロスコープ1502で得られる信号強度分布から「レベル1」、「レベル0」のそれぞれの強度分布を推定する強度分布推定部1505と、得られた強度分布から「レベル1」と「レベル0」のそれぞれのある平均時間内での平均値強度の差と、「レベル1」と「レベル0」それぞれの当該平均時間内での標準偏差値の和との比として得られる信号対雑音比係数を評価する光信号品質評価部1506とを有する。

【0074】図12に示す光サンプリングオシロスコープを用いる場合は、光サンプリングオシロスコープ1602によって一定時間における信号強度分布を得たのち、信号処理ユニット1603において上述の第1、第2の実施形態において説明した本発明による光信号品質評価を行う。

【0075】信号処理ユニット1603は、光サンプリングオシロスコープ1602で得られる信号強度分布から「レベル1」、「レベル0」のそれぞれの強度分布を推定する強度分布推定部1605と、得られた強度分布から「レベル1」と「レベル0」のそれぞれのある平均時間内での平均値強度の差と、「レベル1」と「レベル0」それぞれの当該平均時間内での標準偏差値の和との比として得られる信号対雑音比係数を評価する光信号品質評価部1606とを有する。

【0076】(他の実施の形態) なお、本発明の目的は、前述した実施の形態の機能を実現するソフトウェアのプログラムコードを記憶した記憶媒体を、システムあるいは装置に供給し、そのシステムあるいは装置のコンピュータ（またはCPUやMPU）が記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出し、実行することによっても、達成されることは言うまでもない。この場合、記憶媒体から読み出されたプログラムコード自体が前述した実施の形態の機能を実現することになり、そのプログラムコードを記憶した記憶媒体は本発明を構成することになる。そのプログラムコードを記憶し、またテーブル等の変数データを記憶する記憶媒体としては、例えばフロッピディスク、ハードディスクなどを用いことができる。

【0077】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、異なったビットレートや信号形式や変調形式の信号が混在するフォトニックネットワークにおいて、被測定対象である信号のビットレート、信号形式および変調形式によらずに単一の回路で雑音劣化や波形歪みなどの光信号品質劣化を監視できる。

【0078】また、本発明によれば、伝送路の光信号のSNRに与える影響を低減した品質検査手段を提供できる。

【0079】また、本発明によれば、従来技術と比較して、クロスポイントの影響が少なく、品質評価精度がよ

り高い評価法を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に好適な光サンプリングオシロスコープの接続構成例を示すブロック図である。

【図2】本発明に好適な電気サンプリングオシロスコープの接続構成例を示すブロック図である。

【図3】本発明の第1の実施形態における光信号品質評価アルゴリズムの最初の段階を示す概念図である。

【図4】図3に続く本発明の第1の実施形態における光信号品質評価アルゴリズムを示す概念図である。

【図5】図4に続く本発明の第1の実施形態における光信号品質評価アルゴリズムを示す概念図である。

【図6】図5に続く本発明の第1の実施形態における光信号品質評価アルゴリズムを示す概念図である。

【図7】本発明の第2の実施形態における光信号品質評価アルゴリズムの最初の段階を示す概念図である。

【図8】図7に続く本発明の第2の実施形態における光信号品質評価アルゴリズムを示す概念図である。

【図9】図8に続く本発明の第2の実施形態における光信号品質評価アルゴリズムを示す概念図である。

【図10】図9に続く本発明の第2の実施形態における光信号品質評価アルゴリズムを示す概念図である。

【図11】本発明の各実施形態において、電気サンプリングオシロスコープを用いる場合の光信号品質評価装置の構成例を示すブロック図である。

【図12】本発明の各実施形態において、光サンプリングオシロスコープを用いる場合の光信号品質評価装置の構成例を示すブロック図である。

【図13】従来例の光信号品質評価アルゴリズムの最初の段階を示す概念図である。

【図14】図13に続く従来例の光信号品質評価アルゴリズムを示す概念図である。

【図15】図14に続く従来例の光信号品質評価アルゴリズムを示す概念図である。

【図16】図15に続く従来例の光信号品質評価アルゴリズムを示す概念図である。

【符号の説明】

100 デジタル光ファイバ伝送を行うフォトニックネットワーク

101、201 受信系ユニット

102、107、111 光分岐部

103、203 光電変換回路

104、204 電気信号処理回路

105 光サンプリングオシロスコープ

106、206 光増幅中継系ユニット

108、208 増幅回路

110、210 光再生中継系ユニット

112、212 光電変換回路

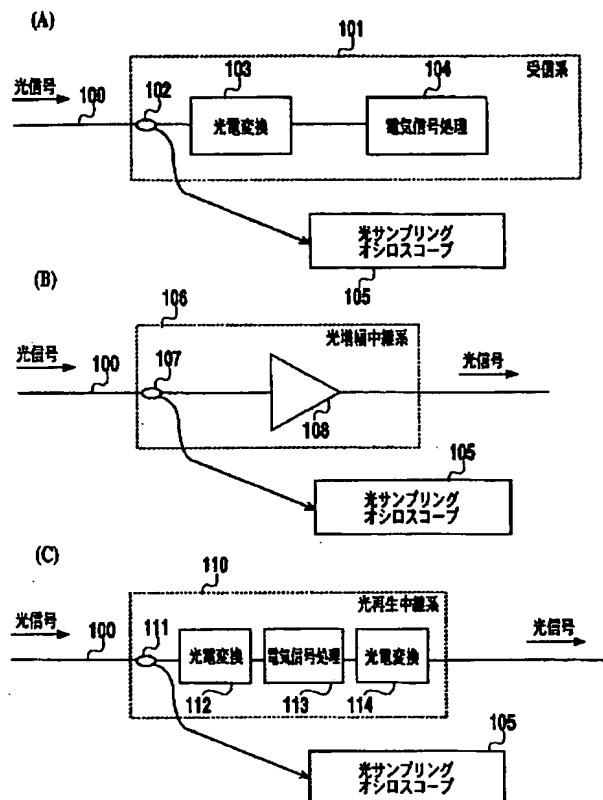
113、213 電気信号処理回路

114、214 光電変換回路

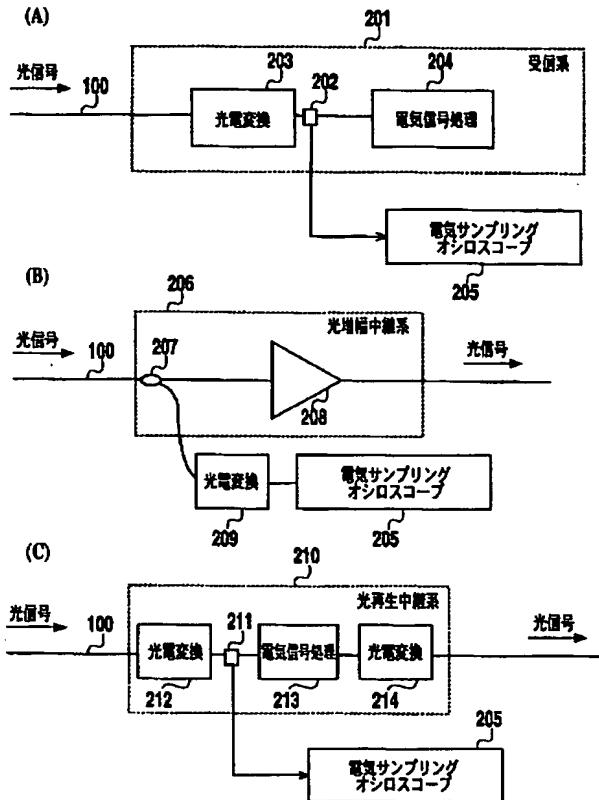
205 電気サンプリングオシロスコープ
 202、211 分岐部
 207 光分岐部
 1501 光電変換回路
 1502 電気サンプリングオシロスコープ

1503、1603 信号処理ユニット
 1505、1605 強度分布推定部
 1506、1606 光信号品質評価部
 1602 光サンプリングオシロスコープ

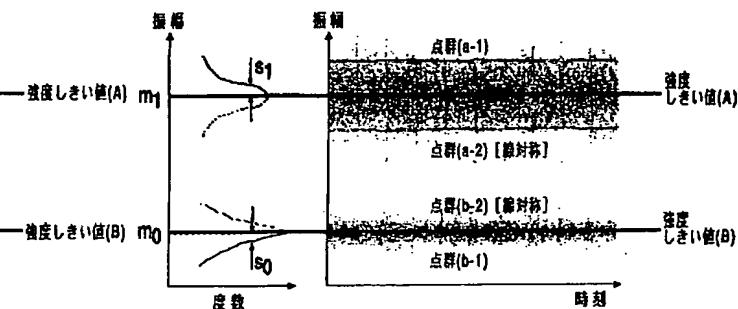
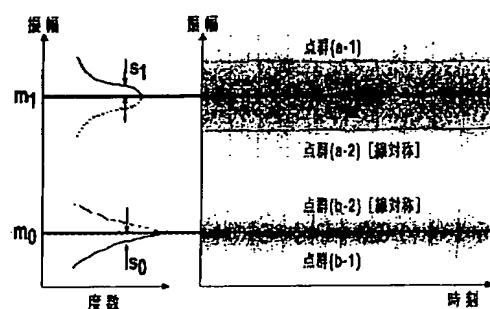
【図1】



【図2】



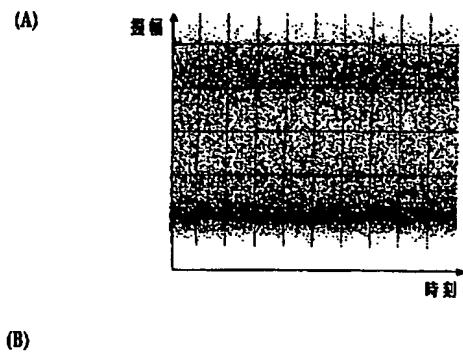
【図6】



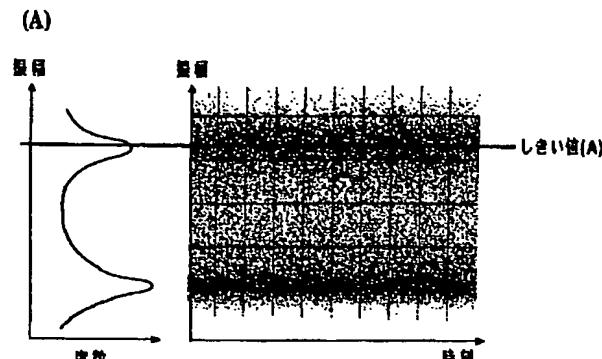
Q = | m1 - m0 | / (s1 + s0)

Q = | m1 - m0 | / (s1 + s0)

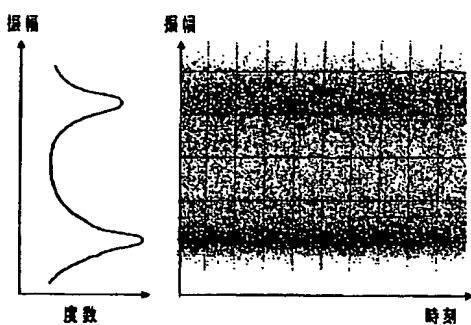
【図3】



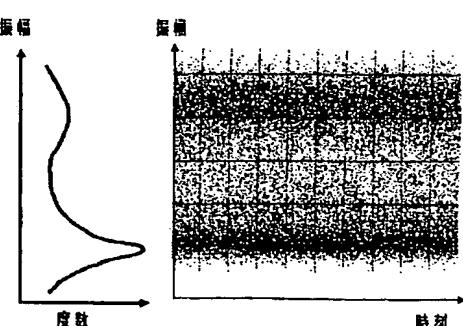
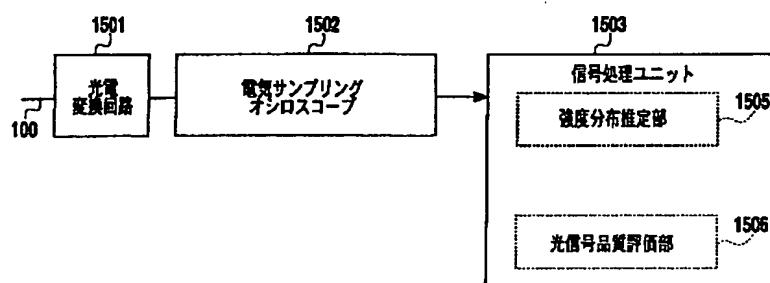
【図4】



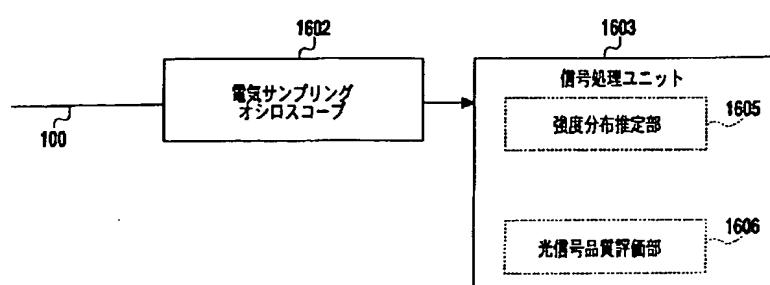
【図7】



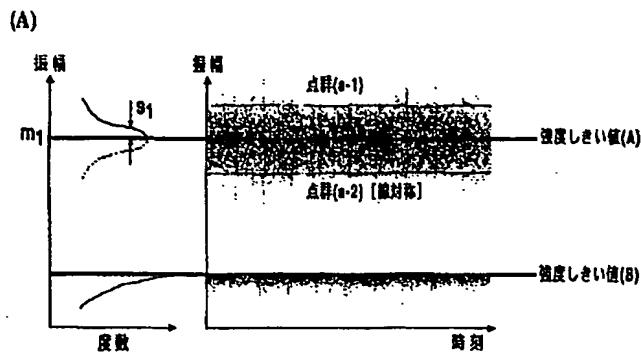
【図11】



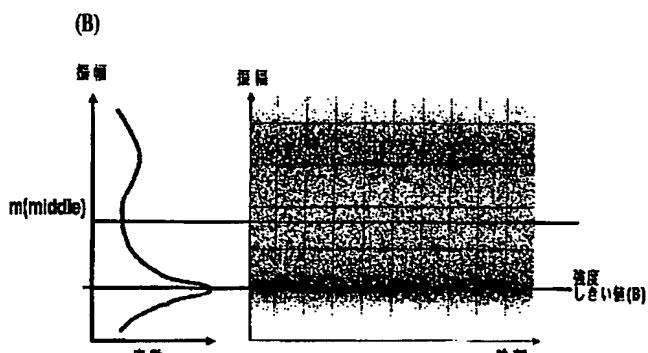
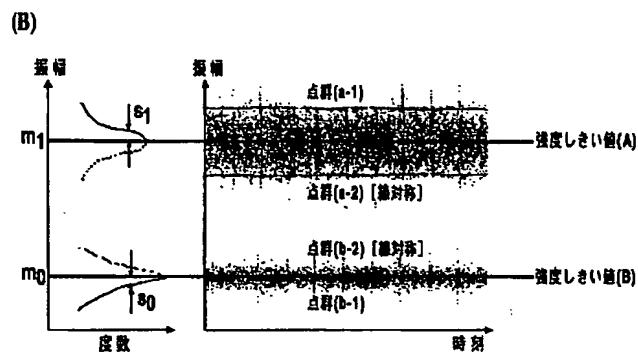
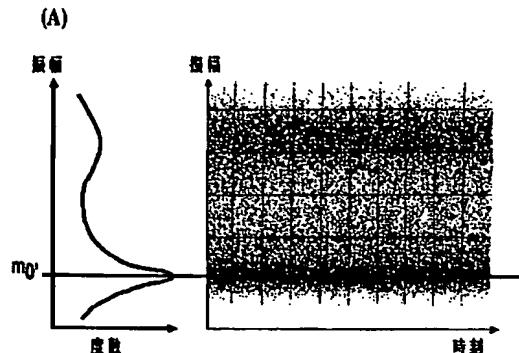
【図12】



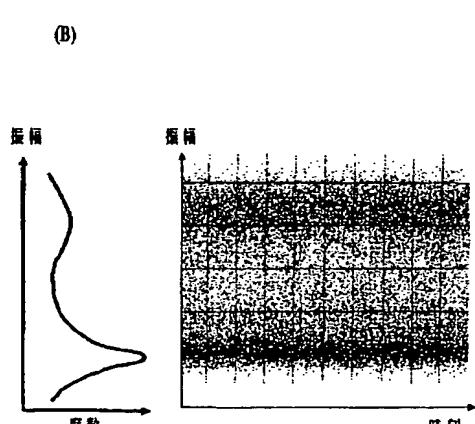
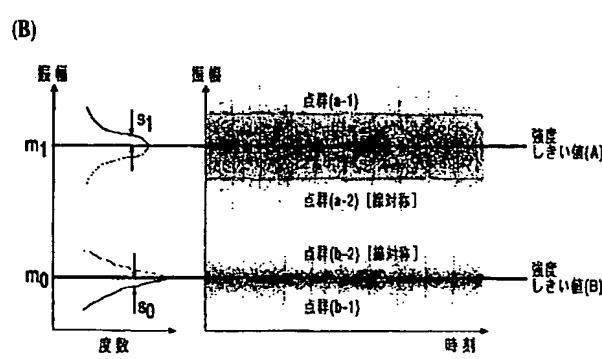
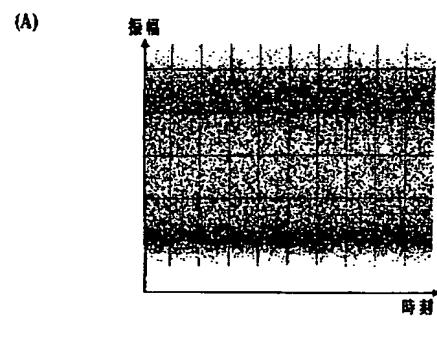
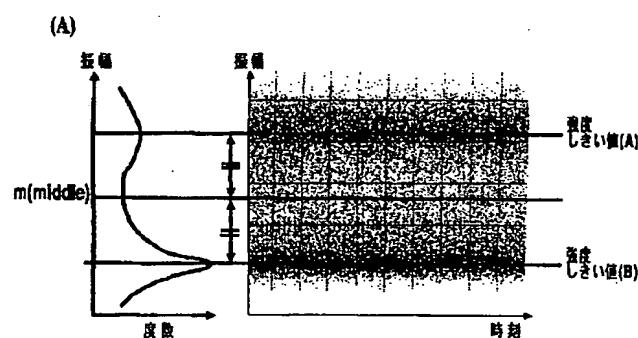
【図5】



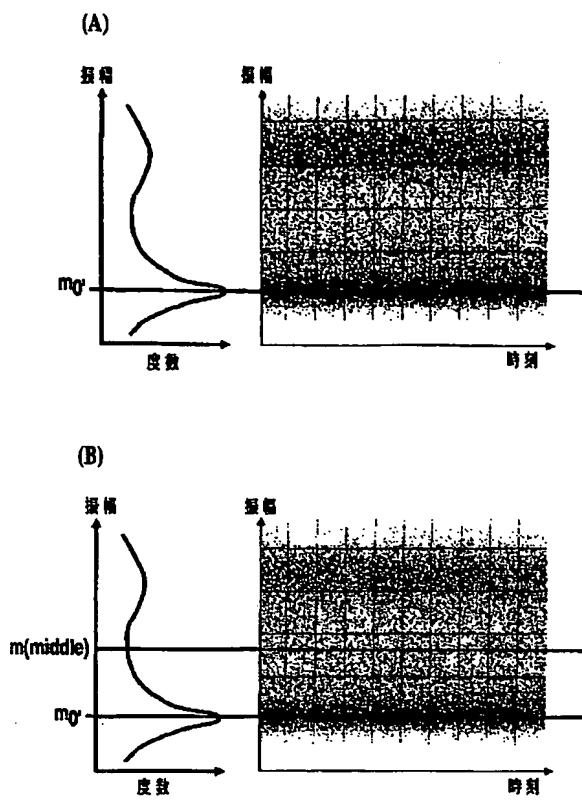
【図8】



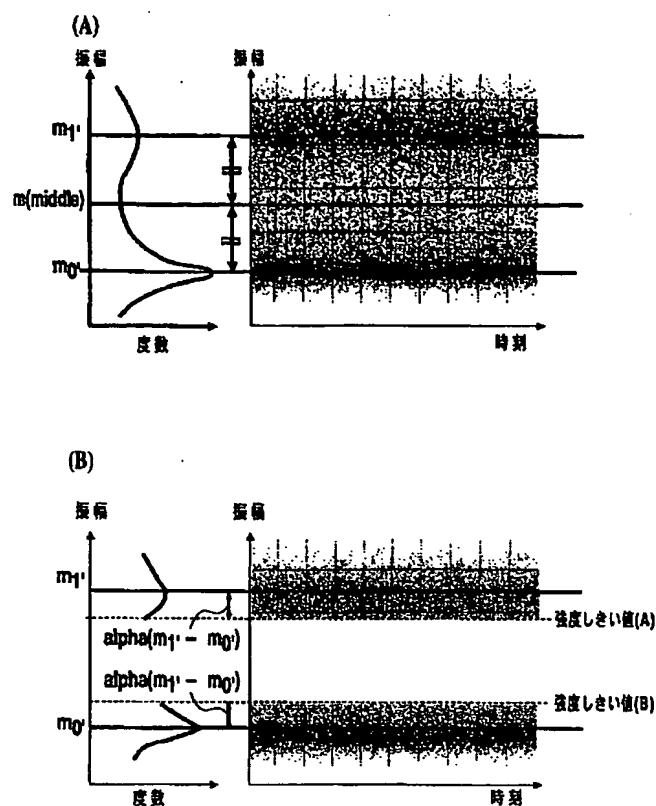
【図9】



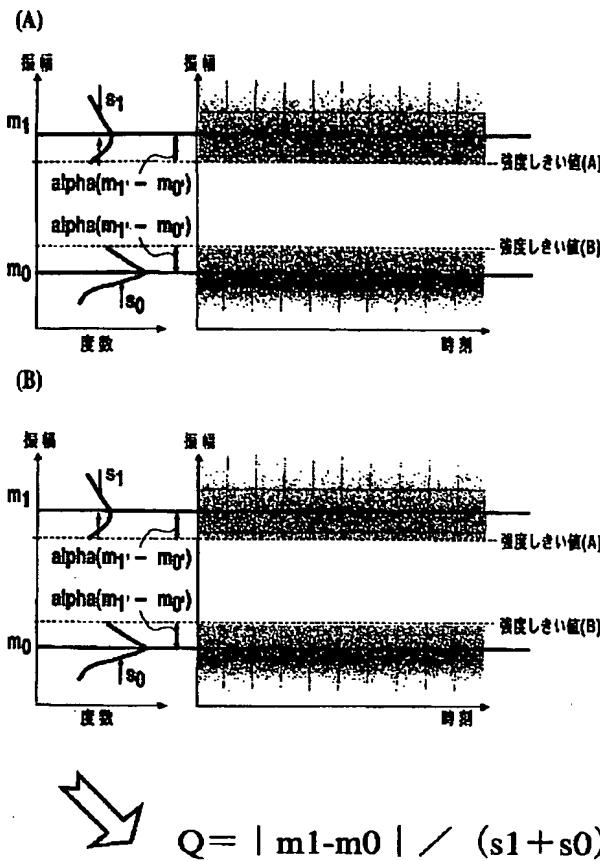
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

(72)発明者 高良 秀彦
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 山林 由明
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 藤崎 弘一
東京都渋谷区桜丘町20番1号 エヌ・テ
ィ・ティ エレクトロニクス株式会社内

F ターム(参考) 2G065 AA04 AA12 BA01 BB02 BC03
BC07 BC14 BC16 BC22 BC31
BC35 DA13

5K002 DA05 EA05 FA01
5K028 AA08 BB08 KK01 PP04 PP11
SS03

5K029 AA18 CC04 FF08 HH13 JJ01
KK01 KK28

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record.**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.